

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-233030

(43) 公開日 平成9年(1997)9月5日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B	10/28		H 0 4 B 9/00	Y
	10/26		H 0 1 L 31/12	F
	10/14			
	10/04			
	10/06			

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平8-34457

(22) 出願日 平成8年(1996)2月22日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 金坂 洋起

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 大菅 義之 (外1名)

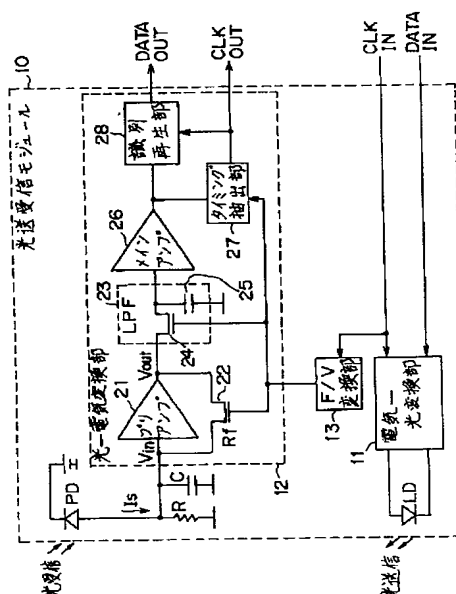
(54) 【発明の名称】 光送受信回路

(57) 【要約】

【課題】 伝送ビットレートに依存しない回路構成を有する光送受信回路を提供する。

【解決手段】 電気／光変換部11は、電気信号を光信号に変換し、クロック信号CLK INに従って出力する。周波数／電圧変換部13は、クロック信号CLK INの周波数に比例する電圧を光／電気変換部12に供給する。プリアンプ21およびメインアンプ26は、受信した光信号を増幅し、タイミング抽出部27がその増幅信号からクロック信号CLK OUTを取り出す。識別再生部28は、クロック信号CLK OUTで受信信号のタイミングを再生して出力する。プリアンプ21の帰還抵抗22は、周波数／電圧変換部13の出力電圧に従って抵抗値が変化し、そのことによってプリアンプ21の利得および帯域が制御される。ローパスフィルタ23は、RC回路構成であり、抵抗24の抵抗値は周波数／電圧変換部13の出力電圧に従って変化し、そのことによって遮断周波数が制御される。

本実施形態の光送受信モジュールのブロック図



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電気信号を光信号に変換して出力する光送信部と受信した光信号を電気信号に変換する光受信部とを有する光送受信回路において、上記光送信部がデータを送信するときに使用するクロックのビットレートに基づいて上記光受信部の周波数特性を制御することを特徴とする光送受信回路。

【請求項 2】 電気信号を光信号に変換して出力する光送信部と受信した光信号を電気信号に変換する光受信部とを有する光送受信回路において、上記光受信部は、受信した光信号から生成された電気信号を増幅する増幅部を有し、上記光送信部がデータを送信するときに使用するクロックのビットレートに基づいて上記増幅部における利得および帯域を制御することを特徴とする光送受信回路。

【請求項 3】 上記増幅部は印加電圧に従って抵抗値が変動する帰還抵抗を備え、上記光送信部がデータを送信するときに使用するクロックのビットレートに比例する電圧を用いて上記帰還抵抗の抵抗値を制御し、上記増幅部における利得および帯域を設定することを特徴とする請求項 2 に記載の光送受信回路。

【請求項 4】 電気信号を光信号に変換して出力する光送信部と受信した光信号を電気信号に変換する光受信部とを有する光送受信回路において、上記光受信部は、受信した光信号から生成された電気信号をフィルタリングするフィルタを有し、上記光送信部がデータを送信するときに使用するクロックのビットレートに基づいて上記フィルタの遮断周波数を設定することを特徴とする光送受信回路。

【請求項 5】 上記フィルタは、抵抗体およびコンデンサを含むローパスフィルタであり、その抵抗体は印加電圧に従って抵抗値が変動する電圧制御型抵抗であり、上記光送信部がデータを送信するときに使用するクロックのビットレートに比例する電圧を用いて上記抵抗体の抵抗値を制御し、上記フィルタの遮断周波数を設定することを特徴とする請求項 4 に記載の光送受信回路。

【請求項 6】 電気信号を光信号に変換して出力する光送信部と受信した光信号を電気信号に変換する光受信部とを有する光送受信回路において、上記光受信部は、受信した光信号から生成された電気信号からタイミング信号を抽出するタイミング抽出部を有し、そのタイミング信号に従って上記光信号から生成された電気信号を出力する機能を有し、上記タイミング抽出部は、抵抗体およびコンデンサを含み上記受信した光信号から生成された電気信号をフィルタリングするローパスフィルタと、該ローパスフィルタの出力信号と予め設定してある 2 つの比較レベルとを比較するウィンドウコンパレータと、該ウィンドウコンパレータの出力信号から特定の周波数

2

の信号のみを出力するクロック抽出部とを有し、上記光送信部がデータを送信するときに使用するクロックのビットレートに比例する電圧を用い上記抵抗体の抵抗値を変化させて上記ローパスフィルタの遮断周波数を設定することを特徴とする光送受信回路。

【請求項 7】 上記クロック抽出部は、互いに共振周波数の異なる複数のメカニカルフィルタを含み、それら複数のメカニカルフィルタの中から上記電圧に従って所定のメカニカルフィルタを選択し、その選択されたメカニカルフィルタを用いて上記ウィンドウコンパレータの出力信号をフィルタリングしてタイミング信号を取り出すことを特徴とする請求項 6 に記載の光送受信回路。

【請求項 8】 上記クロック抽出部は、上記電圧に基づいて自走周波数が決まる電圧制御発振器および該電圧制御発振器の出力信号の位相と上記ウィンドウコンパレータの出力信号の位相とを比較してその比較結果を上記電圧制御発振器にフィードバックする位相比較器を含み、それら電圧制御発振器および位相比較器を用いて位相同期ループを構成し、上記電圧制御発振器の出力信号の位相と上記ウィンドウコンパレータの出力信号の位相とを一致させるように上記位相同期ループを制御し、上記電圧制御発振器の出力信号を上記タイミング信号として取り出すことを特徴とする請求項 6 に記載の光送受信回路。

【請求項 9】 出力電圧を設定することができる電圧源を設け、上記光送信部がデータを送信するときに使用するクロックが生成されないときは、上記電圧源の出力電圧を上記光受信部が受信する光信号のビットレートに対応する電圧に設定し、上記電圧源の出力電圧を上記光受信回路に供給することを特徴とする請求項 3、5～8 のいずれか 1 つに記載の光送受信回路。

【請求項 10】 請求項 1～9 のいずれか 1 つに記載した光送受信回路を組み込んだ光伝送装置。

【請求項 11】 電気信号を光信号に変換して出力する光送信回路と受信した光信号を電気信号に変換する光受信回路とを含む光送受信モジュール内に設けた光受信回路であって、上記光送信回路がデータを送信するときに使用するクロックのビットレートに基づいて周波数特性を制御することを特徴とする光受信回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、データ伝送装置における光送受信回路に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、データ伝送の高速化および大容量化の要求を満たすために、伝送路を光ファイバ網で構築し、その光ファイバ網を介して光信号データを送受信する光通信システムを導入することが多くなってきている。

【0003】光通信システムにおいては、伝送データから電気信号から光信号に変換して出力する光送信回路（E/O回路）、および受信した光信号を電気信号に変換する光受信回路（O/E回路）が重要な部品であり、それらの特性が通信の品質に影響を及ぼす。

【0004】光受信回路は、通常、3R機能を有する。3R機能とは、受信した光信号の波形を整形し、その信号からクロック成分を取り出してそのクロックを用いて信号を再生する機能である。

【0005】光ファイバ等の伝送路を介して光信号を送信する場合、光送信回路から送出された信号は、伝送路の周波数特性によって高周波成分が減衰するので、光受信回路が受信する信号の波形は光送信回路が送出した信号の波形と異なっている。このため、光受信回路は、通常、波形を成形するための前置増幅器（プリアンプ）を有する。そして、この前置増幅器の利得に伝送路での損失を補償するような周波数特性を持たせている。この機能が波形整形（Re-shaping）である。また、受信した信号からクロック成分を取り出すことによってタイミングを検出する機能がタイミング再生（Re-timing）である。さらに、受信した信号から取り出したクロックのタイミングで受信信号を再生する機能が識別再生（Re-generation）である。3Rとは、これらの3つの機能の各頭文字をとったものである。なお、3R機能のうち、タイミング再生機能を省略したものを2R機能と呼ぶことがある。

【0006】ところで、加入者通信網は多数の加入者線を収容するため、加入者通信網を光ファイバ網で構築する場合、多数の光送受信モジュールが必要となる。また、加入者通信網では、加入者ごとに様々なサービスが要求されるので、加入者線ごとに様々なビットレート（伝送レート）でデータが伝送される。

【0007】加入者通信網を低コストで構築するためには、光送受信モジュールのコストダウンが重要となる。一般に、部品のコストダウンを計るためには、大量生産方式が導入される。光送受信モジュールを大量生産するためには、様々なビットレートでデータを授受するための回路を共通化する必要がある。すなわち、様々なビットレートでデータを授受できる光送受信モジュールを用いれば、光加入者通信網を低コストで構築できる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】光送信回路は、様々なビットレートに対してその回路構成を共通化できる。特に、加入者線のビットレートが低速（20Mbps程度以下）の場合は、光送信回路を構成する部品をすべて共通化することができる。すなわち、たとえば、ビットレートが1.5Mbpsの加入者線に対しても、6Mbpsの加入者線に対しても同一の光送信回路を使用することができる。回路構成がビットレートに依存しないことをビットフリーという。このように、光送信回路はビットフリー構成

なので、大量生産することができる。

【0009】ところが、光受信回路は、3R機能を有するので、ビットフリー構成を実現することが難しい。すなわち、受信信号の波形を整形するときは、その受信信号を増幅するときの利得および帯域を制御する必要があるが、これらの特性は受信信号のビットレートに依存する。また、受信信号からクロックを抽出するためのフィルタは、通常、受信信号の周波数（ビットレート）での共振を利用するので、ビットレートに依存した振動系を有する構造になる。このように、3R機能の特性および構成は、ビットレートに依存する。

【0010】このような理由から、従来の光受信回路においては、3R機能部をビットレート毎に設計していた。たとえば、ビットレートが1.5Mbpsの伝送路で使用するを想定した光受信回路においては、1.5Mbpsの信号を増幅するのに最適な利得と帯域を持った回路構成とし、また、1.5Mbpsの信号からクロックを抽出するために、共振周波数が1.5MHzの振動系を設けている。すなわち、あるビットレートの伝送路に用いる光受信回路の構成と、他のビットレートの伝送路に用いる光受信回路の構成とは異なっていた。したがって、光送信回路と光受信回路とを組み込んでモジュール化した光送受信モジュールもビットレート毎にその構成が異なっていた。この結果、光送受信モジュールは、ビットレート毎に品種が異なることになり、多品種生産をしなければならないので、コストダウンの妨げとなっていた。

【0011】本発明の課題は、ビットレートに依存しない回路構成を有する光受信回路を提供することである。また、そのことによって、様々なビットレートに対して使用できる光送受信モジュールを提供する。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の光送受信回路は、電気信号を光信号に変換して出力する光送信部と受信した光信号を電気信号に変換する光受信部とを有する構成である。そして、光送信部がデータを送信するときに使用するクロックのビットレートに基づいて光受信部の周波数特性を制御する。

【0013】光送受信回路の送信用の伝送路と受信用の伝送路のビットレートとが互いに同じ場合は、光送信部がデータを送信するときに使用するクロックのビットレートと受信光信号のビットレートとは同じである。したがって、光送信部がデータを送信するときに使用するクロックのビットレートに基づいて光受信部の周波数特性を制御することにより、光受信部の周波数特性を受信光信号のビットレートに基づいて制御することができる。

【0014】光受信部の周波数特性（たとえば、アンプの帯域や利得、あるいはフィルタの遮断周波数）を調整する場合は、光送信部がデータを送信するときに使用するクロックのビットレートに基づいてそれらアンプまたはフィルタを構成する部品の特性（たとえば、抵抗の抵

抗値)を制御する。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の光送受信モジュールが適用されるシステムの例を示す図である。図1(a)は、2つの光伝送装置間で双方向に光信号を授受する構成を示している。光伝送装置1-1および1-2は、それぞれ光送受信モジュール2-1および2-2を有する。光送受信モジュール2-1が送出する光信号は、光ファイバ3を介して伝送され、光送受信モジュール2-2によって受信される。また、光送受信モジュール2-2が送出する光信号は、光ファイバ4を介して伝送されて光送受信モジュール2-1によって受信される。

【0016】図1(a)のシステムを加入者網とすると、光伝送装置1-1は、たとえば、加入者端末側の光インタフェース部に設けられ、光伝送装置1-2は、交換機内に設けられる装置である。この場合、光ファイバ3および4は加入者線である。

【0017】図1(b)は、ある伝送装置から光信号を受信するとともに他の伝送装置に光信号を伝送する構成を示しており、たとえば、リング状のネットワークである。光伝送装置5-1は、光送受信モジュール6を有し、光伝送装置5-2から光ファイバ7を介して伝送されてくる光信号を受信する。また、光伝送装置5-1は、光ファイバ8を介して光信号を光伝送装置5-3へ伝送する。光伝送装置5-1~5-3は、たとえば、トークンリング方式などのリング状のLAN(ローカルエリアネットワーク)に接続される端末である。この場合、光ファイバ7および8は、端末間を接続する伝送路である。

【0018】以下の説明では、本実施形態の光送受信モジュールを図1(a)に示す光送受信モジュール2-1または2-2に適用する場合、光ファイバ3および4のビットレート(伝送レート)が互いに等しいものとする。このような構成は、例えば、ATM(非同期転送モード)網の加入者系では一般的である。また、本実施形態の光送受信モジュールを図1(b)に示す光送受信モジュール6に適用する場合は、光ファイバ7および8のビットレートが互いに等しいものとする。以下では、光送信信号のビットレートおよび光受信信号のビットレートを総称して光伝送ビットレートと呼ぶことがある。

【0019】図2は、本実施形態の光送受信モジュールの基本構成図である。光送受信モジュール10は、図1(a)においては、光送受信モジュール2-1または2-2に相当し、図1(b)においては、光送受信モジュール6に相当する。

【0020】電気/光変換部11は、レーザダイオードLDを備え、データDATA INおよびクロック信号CLK INを受信する。データDATA INは、光信号に変換されて出力

されるデータである。クロック信号CLK INは、データDATA INを光信号として送出するときのタイミング信号であり、その周波数が伝送路のビットレートである。なお、クロック信号CLK INは、受信する光信号とは独立に光伝送装置内で生成される。

【0021】光/電気変換部12は、フォトダイオードPDを備え、受信した光信号を電気信号に変換して、データDATA OUTとして出力する。また、光/電気変換部12は、受信した光信号からクロック信号CLK OUTを抽出する。データDATA OUTは、クロック信号CLK OUTによってタイミング再生される。

【0022】周波数/電圧変換部13は、クロック信号CLK INを受信し、そのクロック信号CLK INの周波数に比例する電圧を出力する。ここで、光送受信モジュール10が送信する光信号のビットレート(クロック信号CLK IN)と光送受信モジュール10が受信する光信号のビットレートとは互いに同じである。なお、上述したように、これらのビットレートを総称して光伝送ビットレートと呼ぶ。したがって、周波数/電圧変換部13は、光伝送ビットレートに比例する電圧を出力する。

【0023】周波数/電圧変換部13の出力電圧は、光/電気変換部12に供給され、光/電気変換部12は、その電圧に従って光信号を電気信号に変換する際の周波数特性を制御する。

【0024】このように、本実施形態の光送受信モジュールは、データDATA INを光信号として送出するときのクロック信号CLK INに基づいて受信光信号を電気信号に変換する際の周波数特性を制御する構成であり、このことにより、光伝送ビットレートに基づいて上記周波数特性を制御することができる。

【0025】図3(a)は、周波数/電圧変換部13のブロック図である。単安定マルチバイブレータ14は、クロック信号CLK INを受信し、立上りエッジを検出する毎に所定パルス幅のパルスを出力する。平均化回路15は、たとえば、ローパスフィルタであり、単安定マルチバイブレータ14の出力信号を平均化してその平均値を電圧として出力する。

【0026】図4は、周波数/電圧変換部13の動作を説明する図である。ここでは、クロック信号CLK INの周波数がfの場合と2fの場合とを比較しながら説明する。単安定マルチバイブレータ14にクロック信号CLK INが入力されると、その立上りエッジごとに所定パルス幅のパルスが出力される。このとき、各パルスのパルス幅は、クロック信号CLK INの周波数に依存することなく一定である。一方、クロック信号CLK INの周波数が2倍になると、単位時間当たりのパルス数も2倍になる。したがって、クロック信号CLK INの周波数が2倍になると、平均化回路15の出力電圧も2倍になる。

【0027】このように、周波数/電圧変換部13は、クロック信号CLK INの周波数に比例する電圧を出力す

る。クロック信号CLK INの周波数と周波数／電圧変換部13の出力電圧との関係を図3(b)に示す。

【0028】図5は、本実施形態の光送受信モジュールのブロック図である。図5で使用する符号のうち、図2において使用した符号は同じものを示す。光／電気変換部12は、光信号を受信し、プリアンプ21およびローパスフィルタ23を用いてその受信信号の周波数特性を調整する。そして、タイミング抽出部27がその受信信号からクロック信号を抽出し、識別認識部28がそのクロックを用いて上記受信信号のタイミングを再生して出力する。プリアンプ21、ローパスフィルタ23およびタイミング抽出部27は、それぞれ周波数／電圧変換部13の出力電圧が供給されており、その電圧に基づいて周波数特性を調整する。すなわち、プリアンプ21、ローパスフィルタ23およびタイミング抽出部27は、光伝送ビットレートに基づいて周波数特性を調整する。

【0029】このように、本実施形態の光送受信モジュールは、電気・光変換部11がデータを送信するときに使用するクロックを基に光伝送ビットレートを認識し、その光伝送ビットレートに基づいて光／電気変換部12の周波数特性を制御する。したがって、光／電気変換部12は、光伝送ビットレートに対して周波数特性の調整を最適化できる。以下、光／電気変換部12の各ブロックの構成および機能を説明する。

【0030】プリアンプ21は、例えば、トランスインピーダンス型の増幅器であり、フォトダイオードPDにおける光電変換によって得られた電気信号の波形を整形する。プリアンプ21の利得には伝送路での損失（伝送路の周波数特性によって高周波成分が減衰などの損失）を補償するような周波数特性を持たせる。

【0031】プリアンプ21には、帰還抵抗22が設け*

$$A = V_{out} / V_{in} = -R_{f1} / Z_{in} \quad \dots \dots (1) \text{式}$$

$$f_c = A_0 / (2\pi R_{f1} \cdot C) \quad \dots \dots (2) \text{式}$$

ただし、

$$Z_{in} = (1/R + j\omega C)^{-1} \quad \dots \dots (3) \text{式}$$

$$V_{in} = Z_{in} \cdot I_s \quad \dots \dots (4) \text{式}$$

なお、上記(1)～(4)式において、Rはプリアンプ21の入力部に設けられている抵抗の抵抗値、Cはプリアンプ21の入力容量、 I_s はフォトダイオードPDによって生成される電流の電流値、 Z_{in} はプリアンプ21の入力インピーダンスである。

【0035】また、帯域 f_c は、プリアンプ21の高域側の遮断周波数を目安としている。すなわち、通常、アンプの帯域は、高域側の遮断周波数と低域側の遮断周波数との差として定義するが、ここでは、低域側の遮断周波数が小さいとみなし、高域側の遮断周波数を帯域としている。なお、遮断周波数は、例えば電圧利得が3dB低下する周波数を目安とする。

【0036】上記(1)および(2)式に示すように、プリアンプ21の利得Aおよび帯域 f_c は、帰還抵抗2

*られている。帰還抵抗22は、印加される電圧に従ってその抵抗値が変化する抵抗体であり、たとえば、MOS型トランジスタまたはスイッチングキャパシタで構成する。以下では、帰還抵抗22をMOS型トランジスタとして説明する。

【0032】帰還抵抗22には、周波数／電圧変換部13の出力電圧が印加されるが、この電圧はMOS型トランジスタのゲートに印加される。また、MOS型トランジスタのソースおよびドレインがそれぞれプリアンプ21の入力および出力に接続される。したがって、周波数／電圧変換部13の出力電圧によってMOS型トランジスタを流れる電流を制御することができる。すなわち、周波数／電圧変換部13の出力電圧によって帰還抵抗22の抵抗値を制御できる。

【0033】図6は、周波数／電圧変換部13の出力電圧と帰還抵抗22の抵抗値との関係を示す図である。図6に示すように、周波数／電圧変換部13の出力電圧が大きくなるにつれて、MOS型トランジスタのゲート電圧が大きくなっていくので、帰還抵抗22の抵抗値は低下していく。このとき、上記電圧の増加に対して抵抗値がリニアに減少していく領域がある。帰還抵抗22の抵抗値を制御するときはこのリニア領域で行うとその精度がよい。なお、上記電圧と抵抗値との関係（抵抗値の大きさや図6に示すグラフの傾き）は、MOS型トランジスタの各半導体領域の不純物濃度やソース・ドレイン間距離を適当に選ぶことによって任意に設定することができる。

【0034】プリアンプ21の利得および帯域をそれぞれAおよび f_c とし、帰還抵抗22の抵抗値を R_{f1} とすると、プリアンプ21の開放利得 A_0 が十分大きいと仮定すれば、以下の関係が得られる。

2の抵抗値を R_{f1} を用いて制御することができる。ローパスフィルタ23は、プリアンプ21の出力信号を受信し、その高周波成分を除去する。すなわち、ローパスフィルタ23は、受信信号の立上りエッジおよび立下りエッジをなだらかにして信号波形をなまらせる。これは、受光可能な光レベルの範囲を広げるためである。たとえば、光伝送路が長くなると、フォトダイオードPDが受光する光レベルが小さくなるので、フォトダイオードPDによって生成される電流 I_s も小さくなる。そして、電流 I_s が小さくなると、信号振幅も小さくなるが、信号振幅が小さい状態でノイズ等の高周波成分が含まれていると、タイミング抽出部27において正確にクロックを抽出できなかつたり、あるいは、識別認識部28において信号を再生するときにビットエラーが生じる恐れがあ

る。

【0037】光受信回路が正確に信号を再生できるよう受光レベルの範囲を広げるための手段としては、ローパスフィルタの遮断周波数を調整して信号波形を適当にならせる手法がとられている。この場合、たとえば、遮断周波数を光伝送ビットレートの70パーセント程度に設定している。図5に示す光送受信モジュール10においては、ローパスフィルタ23の遮断周波数が常に光伝送ビットレートの70パーセント程度になるようにに制御し、光受信回路が正確に電気信号を再生できる受光レベルの範囲を広げている。

$$V2 / V1 = 1 / (1 + j \omega C \cdot Rf2)$$

(5) 式において、 $1 / (C \cdot Rf2) = \omega_0$ とすれば、ローパスフィルタ23は角周波数が ω_0 以下の交流を通過させ、角周波数が ω_0 以上の交流を遮断する。したがって、ローパスフィルタ23の遮断周波数 ω_0 は、抵抗24の抵抗値 $Rf2$ を用いて制御することができる。

【0040】メインアンプ26は、ローパスフィルタ23の出力信号を所定の利得で増幅する。メインアンプ26によって増幅された信号は、タイミング抽出部27および識別認識部28に転送される。

【0041】タイミング抽出部27は、メインアンプ26の出力信号からクロック成分を抽出する。すなわち、タイミング抽出部27は、光送受信モジュール10が受信する光信号からタイミング信号を抽出する。タイミング抽出部27によって抽出されたクロック信号は、クロック信号CLK OUTとして出力されるとともに、識別再生部28に転送される。また、クロック信号CLK OUTは、この光送受信モジュール10が組み込まれる光伝送装置内での信号処理において使用される。なお、タイミング抽出部27の構成は後述する。

【0042】識別再生部28は、クロック信号CLK OUTを用いてメインアンプ26の出力信号のタイミングを再生し、出力信号DATA OUTとして出力する。識別再生部28の構成例を図7に示す。識別再生部28は、たとえば、エッジトリガ型のフリップフロップであり、クロック信号CLK OUTがC K端子に入力され、その立上りエッジまたは立下りエッジのタイミングでJ端子およびK端子の論理値を調べる。J端子には、メインアンプ26の出力信号が入力され、K端子には、閾値電圧が設定されている。従って、識別再生部28は、クロック信号CLK OUTのエッジタイミングでメインアンプ26の出力信号を取り込み、出力信号DATA OUTとして出力する。

【0043】次に、プリアンプ21およびローパスフィルタ23における周波数特性の調整について説明する。この調整は、周波数／電圧変換部13の出力電圧に従って自動的に行われる。周波数／電圧変換部13の出力電圧は、クロック信号CLK INの周波数に比例する値であるが、この実施形態では、光送信のビットレートと光受信のビットレートとが互いに等しいとしているので、周波

*【0038】ローパスフィルタ23は、RC回路であり、抵抗24およびコンデンサ25を有する。抵抗24は、帰還抵抗22と同様に、印加される電圧に従ってその抵抗値が変化する抵抗体であり、たとえば、MOS型トランジスタである。抵抗24には、周波数／電圧変換部13の出力電圧が印加される。

【0039】ローパスフィルタ23の入力電圧を $V1$ 、出力電圧を $V2$ 、抵抗24の抵抗値を $Rf2$ 、コンデンサ25の容量を C 、角周波数を ω とすれば、一般的なRC回路の特性として以下の関係が導かれる。

$$\dots\dots (5) \text{式}$$

数／電圧変換部13の出力電圧は、光受信のビットレートに比例する値となる。したがって、プリアンプ21およびローパスフィルタ23における周波数特性の調整は、光受信のビットレートに基づいて自動的に行われる。

【0044】プリアンプ21における周波数特性の調整は、周波数／電圧変換部13の出力電圧を用いて帰還抵抗22の抵抗値を制御することによって行う。すなわち、上記(1)および(2)式において、光伝送ビットレートに対して利得Aおよび帯域 f_c が最適になるように帰還抵抗22の抵抗値 $Rf1$ が制御される。なお、光伝送ビットレートに対応する角周波数を上記(3)式の ω としている。

【0045】ここで、帯域 f_c の最適値は、例えば、光伝送ビットレートに対応する周波数の2倍程度である。光伝送ビットレートが1.5Mbpsであれば、帯域 f_c を3MHz程度に設定する。利得Aは、帯域 f_c とトレードオフ関係にある。また、利得Aは、プリアンプ21による増幅信号がローパスフィルタ23およびメインアンプ26を通過したときに、タイミング抽出部27および識別再生部28の処理に最適になるように設定することが望ましい。したがって、利得Aは、帯域 f_c を上記の値に設定した上で所定の値に設定される。そして、これらの最適値を満たすように帰還抵抗22の抵抗値 $Rf1$ を制御する。

【0046】帰還抵抗22の抵抗値は、図6に示したように、周波数／電圧変換部13の出力電圧が大きくなるに従って小さくなっていく。すなわち、光伝送ビットレートが高くなるに従って帰還抵抗22の抵抗値が小さくなる。図6では、光伝送ビットレート(クロック信号CLK INと同じ周波数)が1.5Mbpsおよび6Mbpsのときの周波数／電圧変換部13の出力電圧がそれぞれ Va および Vb であり、そのときの帰還抵抗22の抵抗値がそれぞれ Ra および Rb であることを示している。

【0047】ところで、上記電圧と抵抗値との関係(抵抗値の大きさや図6に示すグラフの傾き)は、上述したように、任意に設定することができる。本実施形態では、上記(1)～(4)式において、 $Rf1 = Ra$ とした

ときに帯域 f_c が 3MHz 程度になるように R_a を決定し、 $R_{f1}=R_b$ としたときに帯域 f_c が 1.2MHz 程度になるように R_b を決定する。換言すれば、 R_a および R_b がこれらの条件を満たすように MOS 型トランジスタ（帰還抵抗 2.2）を設計する。

【0048】このようにして帰還抵抗 2.2 の特性を設計しておけば、光伝送ビットレートが 1.5Mbps の伝送路に光送受信モジュール 1.0 を使用すると、プリアンプ 2.1 の帯域 f_c が自動的に 3MHz 程度になり、光伝送ビットレートが 6Mbps の伝送路に対してはプリアンプ 2.1 の帯域 f_c が 1.2MHz 程度になる。また、それに応じてプリアンプ 2.1 の利得 A も自動的に設定される。

【0049】ローパスフィルタ 2.3 における周波数特性は、周波数/電圧変換部 1.3 の出力電圧を用いて抵抗 2.4 の抵抗値を制御することによって調整する。すなわち、上記（5）式において、光伝送ビットレートに対して遮断周波数 ω_0 ($\omega_0 = 1 / (C \cdot R_{f2})$) が最適になるように抵抗 2.4 の抵抗値 R_{f2} を制御する。なお、光伝送ビットレートに対応する角周波数を上記（5）式の ω としている。

【0050】ここで、遮断周波数 ω_0 は、常に、光伝送ビットレートの 7.0 パーセント程度であることが望まれる。すなわち、たとえば、光伝送ビットレートが 1.5Mbps のときにはローパスフィルタ 2.3 の遮断周波数 ω_0 が 1.05MHz に設定され、光伝送ビットレートが 6Mbps のときには遮断周波数 ω_0 が 4.2MHz に設定されることが望まれる。換言すれば、これらの条件を満たすように MOS 型トランジスタ（帰還抵抗 2.4）を設計する。

【0051】このようにして帰還抵抗 2.4 の特性（印加電圧に対する抵抗値）を設定しておけば、光伝送ビットレートが 1.5Mbps の伝送路に光送受信モジュール 1.0 を使用すると、ローパスフィルタ 2.3 の遮断周波数が自動的に 1.05MHz になり、光伝送ビットレートが 6Mbps の伝送路に対しては 4.2MHz になる。

【0052】図 8 は、タイミング抽出部 2.7 のブロック図である。図 8 に示すタイミング抽出部 2.7 は、N 個のメカニカルフィルタ $MCF-1 \sim MCF-N$ からなるフィルタ部 3.5 を有し、ビットレートに応じて所定のメカニカルフィルタを選択してクロックを抽出する構成である。

【0053】本実施例の光送受信モジュール 1.0 をあるビットレートの光伝送路に使用する場合、そのビットレートに対してローパスフィルタ 3.1 の遮断周波数が自動的に最適化され、また、そのビットレートに対応するメカニカルフィルタが自動的に選択されて、タイミング抽出部 2.7 が上記ビットレートの受信信号からクロックを抽出する。以下、各ブロックの機能を説明する。

【0054】ローパスフィルタ 3.1 は、メインアンプ 2.6 の出力信号の高周波成分を取り除き、その立上りエッジおよび立下りエッジをなだらかにする。すなわち、信

号波形をなまらせる。ローパスフィルタ 3.1 は、たとえば、図 5 に示すローパスフィルタ 2.3 と同じ構成であり、抵抗 3.2 およびコンデンサ 3.3 とを有する。抵抗 3.2 は、抵抗 2.4 と同様に、印加される電圧に従ってその抵抗値が変化する抵抗体であり、たとえば MOS 型トランジスタである。

【0055】ローパスフィルタ 3.1 の周波数特性すなわち遮断周波数は、周波数/電圧変換部 1.3 の出力電圧を用いて抵抗 3.2 の抵抗値を制御することによって調整することができる。すなわち、ローパスフィルタ 3.1 の遮断周波数は、光伝送ビットレートに基づいて自動的に調整される。

【0056】ウィンドウコンパレータ 3.4 は、2 つの閾値 V_{thh} および V_{thl} を有し、ローパスフィルタ 3.1 の出力信号とそれら 2 つの閾値とを比較する。そして、ウィンドウコンパレータ 3.4 は、ローパスフィルタ 3.1 の出力信号が閾値 V_{thh} と閾値 V_{thl} との間であるとき「H」を出力し、ローパスフィルタ 3.1 の出力信号が閾値 V_{thh} よりも大きいとき、および閾値 V_{thl} よりも小さいときには「L」を出力する。

【0057】フィルタ部 3.5 は、N 個のメカニカルフィルタ $MCF-1 \sim MCF-N$ を有する。各メカニカルフィルタ $MCF-1 \sim MCF-N$ は、それぞれ特定の周波数の信号のみ通過させる。ここで、特定の周波数とは、光伝送路として想定されるビットレートに対応し、たとえば、1.5MHz、4MHz、6MHz、16MHz、... などである。

【0058】メカニカルフィルタは、機械共振系とトランスジューサとから構成される。メカニカルフィルタへの電気入力、トランスジューサによって機械量に変換されて機械共振系に加えられ、その機械共振系から出力される機械量が再びトランスジューサによって電気信号に変換されて電気信号として出力される。

【0059】機械共振系は、共振子と結合子とから構成され、振動モードおよび結合子の結合位置の組合せによって様々な構成がある。振動モードとしては、縦振動、ねじれ振動、屈曲振動などがある。

【0060】このように、メカニカルフィルタは、機械共振系を供え、その共振周波数の信号のみを通過させる。たとえば、メカニカルフィルタ $MCF-1$ の共振周波数を 1.5MHz とすると、メカニカルフィルタ $MCF-1$ の出力は、1.5MHz のクロック信号である。

【0061】なお、上記実施形態では、フィルタ部 3.5 を N 個のメカニカルフィルタ $MCF-1 \sim MCF-N$ で構成しているが、メカニカルフィルタの代わりに水晶フィルタまたはセラミックフィルタ等を用いてもよい。

【0062】切替えスイッチ 3.6 は、周波数/電圧変換部 1.3 の出力電圧に従って所定のメカニカルフィルタ $MCF-1 \sim MCF-N$ を選択し、ウィンドウコンパレータ 3.4 の出力信号をその選択したメカニカルフィルタを

13

用いてフィルタリングさせるように接点を切り替える。すなわち、切替えスイッチ 36 は、光伝送ビットレートに従って所定のメカニカルフィルタ MCF-1 ~ MCF-N を選択する。図 8 では、メカニカルフィルタ MCF-1 を用いてウィンドウコンパレータ 34 の出力信号をフィルタリングしている状態を示している。増幅部 37 は、フィルタ部 35 の出力信号を増幅してクロック信号 CLK OUT として出力する。

【0063】図 9 は、上記構成のタイミング抽出部 27 の動作を説明するタイミングチャートである。メインアンプ 26 の出力信号を受信すると、その信号は、ローパスフィルタ 31 によって立上りエッジおよび立下りエッジがなだらかな波形にされる。ローパスフィルタ 31 を通過した信号は、ウィンドウコンパレータ 34 において閾値 V_{thh} および V_{thl} と比較され、その信号が閾値 V_{thh} と V_{thl} との間であったときのみウィンドウコンパレータ 34 の出力が「H」になる。

【0064】ウィンドウコンパレータ 34 の出力は、メインアンプ 26 の出力信号の立上りエッジおよび立下りエッジに対応して所定パルス幅のパルスが生成された信号である。そして、この信号がフィルタ部 35 内の所定のメカニカルフィルタに入力されてクロック信号が生成される。なお、メカニカルフィルタは、機械共振系を有する構成なので、図 9 に示すように、ウィンドウコンパレータ 34 の出力パルスが連続して生成されていないタイミングにおいても共振状態が継続され、連続したクロック信号が生成される。

【0065】ウィンドウコンパレータ 34 の出力パルスのパルス幅は、ローパスフィルタ 31 においてどの程度立上りエッジおよび立下りエッジをなだらかにするかによって決まる。すなわち、ローパスフィルタ 31 の遮断周波数によって決まる。このパルスのデューティは、50 パーセントに近いことが望ましい。なぜならば、パルスのデューティが極端に小さくなったり大きくなったりすると、メカニカルフィルタを確実に共振させることができなくなるからである。

【0066】本実施形態では、任意の光伝送ビットレートにおいて上記パルス幅に関する要求を満たすように MOS 型トランジスタ（抵抗 32）を設計する。なお、抵抗 32 に印加される電圧とその抵抗値との関係は、たとえば図 6 に示したように予めわかっている。このことにより、任意の光伝送ビットレートに対してウィンドウコンパレータ 34 の出力パルスのパルス幅（デューティ）が適当な値になるようにローパスフィルタ 31 の遮断周波数を調整することができ、任意の光伝送ビットレートに対して、常にメカニカルフィルタを確実に共振させることができる。すなわち、任意の光伝送ビットレートのクロックを確実に抽出できる。

【0067】図 10 は、タイミング抽出部 27 の他の構成のブロック図である。図 10 に示すタイミング抽出部

14

は、図 8 に示すフィルタ部 35 および切替えスイッチ 36 を位相同期ループ 41 に置き換えた構成である。

【0068】位相同期ループ 41 は、電圧制御発振器（VCO）42、位相比較器 43 およびローパスフィルタ 44 を有する。電圧制御発振器 42 は、周波数/電圧変換部 13 の出力電圧に従ってクロック信号を出力する。このクロック信号の周波数は、光伝送ビットレートと同じである。位相比較器 43 は、ウィンドウコンパレータ 34 の出力信号の位相と電圧制御発振器 42 が生成するクロック信号の位相とを比較する。位相比較器 43 による比較結果（位相差情報）は、ローパスフィルタ 44 を介して電圧制御発振器 42 にフィードバックされる。電圧制御発振器 42 は、位相差情報に従って、上記 2 つの信号の位相を合わせるように電圧制御発振器 42 が生成するクロック信号の周波数を微調整する。電圧制御発振器 42 が生成するクロック信号は、増幅部 37 によって増幅されてクロック信号 CLK OUT として出力される。

【0069】このように、図 10 に示すタイミング抽出部 27 は、クロック信号 CLK IN を用いて光伝送ビットレートと同じ周波数のクロック信号を生成し、そのクロック信号の位相と光/電気変換部 12 の位相とを合わせ

る。この結果、受信信号に同期したクロック信号が生成される。すなわち、受信信号からクロックが取り出される。

【0070】上記実施形態の光送受信モジュール 10 においては、電気/光変換部 11 が光信号を送信するとき

に使用するクロック信号 CLK IN のビットレートに基づいて光/電気変換部 12 の周波数特性を制御する構成であったが、制御用電源を設け、電気/光変換部 11 にクロック信号 CLK IN が供給されない場合には、その制御用電源を用いて帰還抵抗 22、ローパスフィルタ 23 およびタイミング抽出部 27 に供給するようにしてもよい。

【0071】また、上記実施形態では、周波数/電圧変換部 13 の出力電圧を用いて抵抗体の抵抗値を制御する

方式を説明したが、他の部品の特性を制御するようにしてもよい。たとえば、周波数/電圧変換部 13 の出力電圧を用いてローパスフィルタの容量を制御することによって、周波数特性を調整するようにしてもよい。

【0072】

【発明の効果】本発明の光送受信モジュールは、受信する光信号のビットレートに従って光/電気変換部の周波数特性を制御するので、様々なビットレートの光信号に対して最適な条件で光信号から電気信号への変換をすることができる。また、光/電気変換部は、受信する光信号とは独立に生成されるクロック信号を基に受信光信号のビットレートを検出するので、受信光レベルの変動、マーク率の変動、デューティなどの変動の影響を受けることなく、安定した周波数特性を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】(a) および (b) は、本発明の光送受信モジュール

15

ルが適用されるシステムの例を示す図である。

【図 2】本実施形態の光送受信モジュールの基本構成図である。

【図 3】(a) は、周波数／電圧変換部のブロック図であり、(b) は、入力クロック信号の周波数と周波数／電圧変換部の出力電圧との関係を示す図である。

【図 4】周波数／電圧変換部の動作を説明する図である。

【図 5】本実施形態の光送受信モジュールのブロック図である。

【図 6】周波数／電圧変換部の出力電圧と抵抗の抵抗値との関係を示す図である。

【図 7】識別再生部の構成例を示す図である。

【図 8】タイミング抽出部のブロック図（その 1）である。

【図 9】タイミング抽出部の動作を説明するタイミングチャートである。

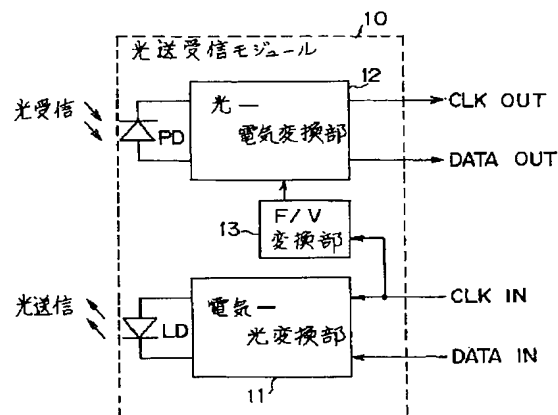
【図 10】タイミング抽出部のブロック図（その 2）である。

【符号の説明】

10 光送受信モジュール

【図 2】

本実施形態の光送受信モジュールの基本構成図

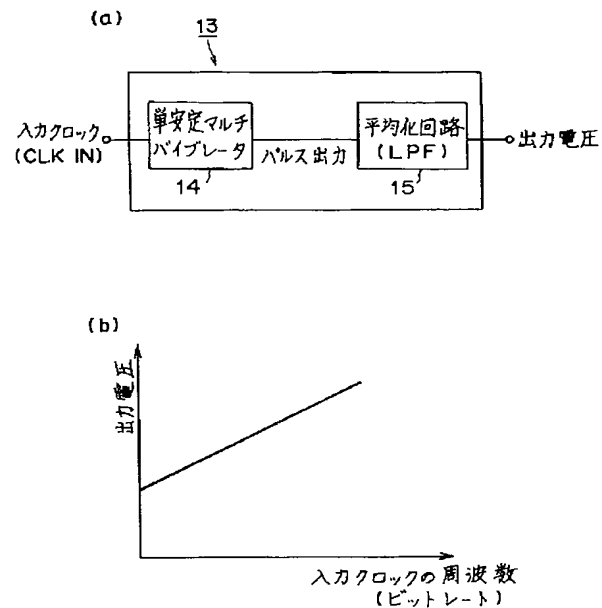


16

1 1	電気／光変換部
1 2	光／電気変換部
1 3	周波数／電圧変換部
1 4	単安定マルチバイブレータ
1 5	平均化回路
2 1	プリアンプ
2 2	帰還抵抗
2 3、3 1、4 4	ローパスフィルタ
2 4、3 2	抵抗
10 2 5、3 3	コンデンサ
2 6	メインアンプ
2 7	タイミング抽出部
2 8	識別再生部
3 4	ウィンドウコンパレータ
3 5	フィルタ部
3 6	切替えスイッチ
3 7	増幅部
4 1	位相同期ループ
4 2	電圧制御発振器 (VCO)
20 4 3	位相比較器

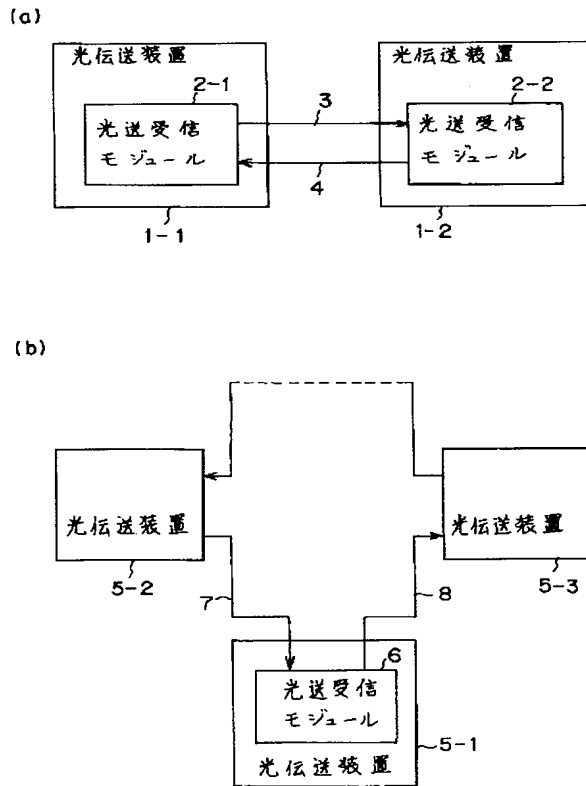
【図 3】

(a) は周波数／電圧変換部のブロック図であり、
(b) は入力クロック信号の周波数と周波数／電圧変換部の出力電圧との関係を示す図



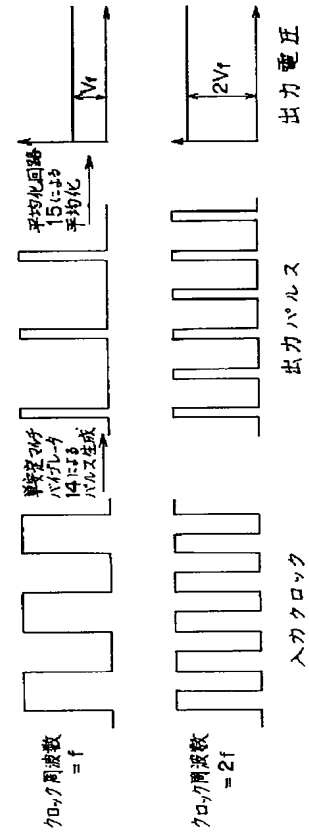
【図1】

本発明の光送受信モジュールが適用されるシステムの例を示す図



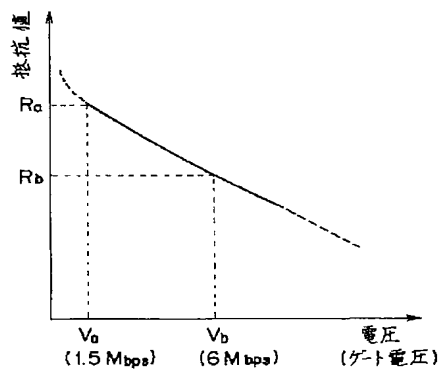
【図4】

周波数/電圧変換部の動作を説明する図



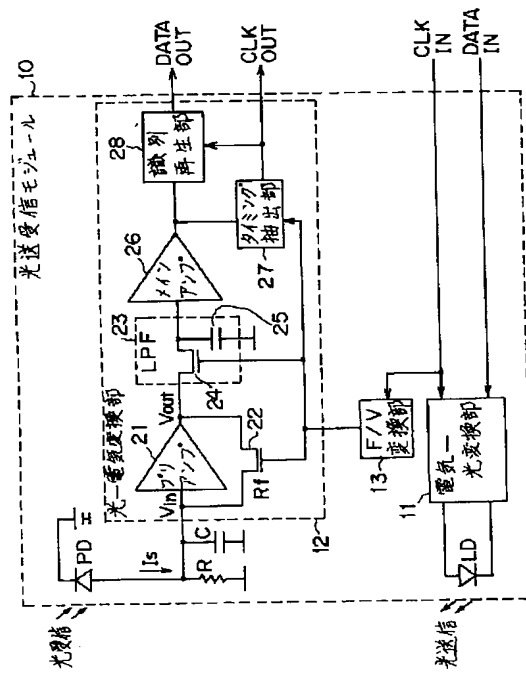
【図6】

周波数/電圧変換部の出力電圧と抵抗の抵抗値との関係を示す図



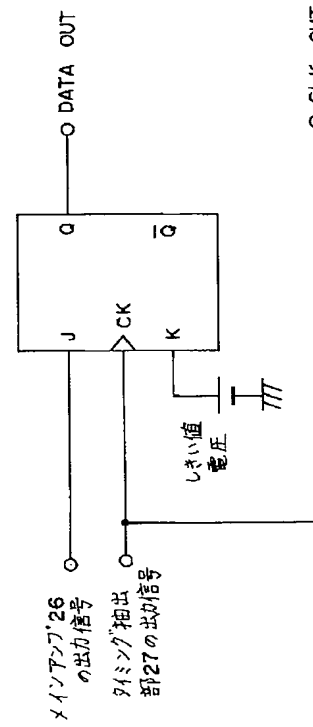
【図5】

本実施形態の光送受信モジュールのブロック図



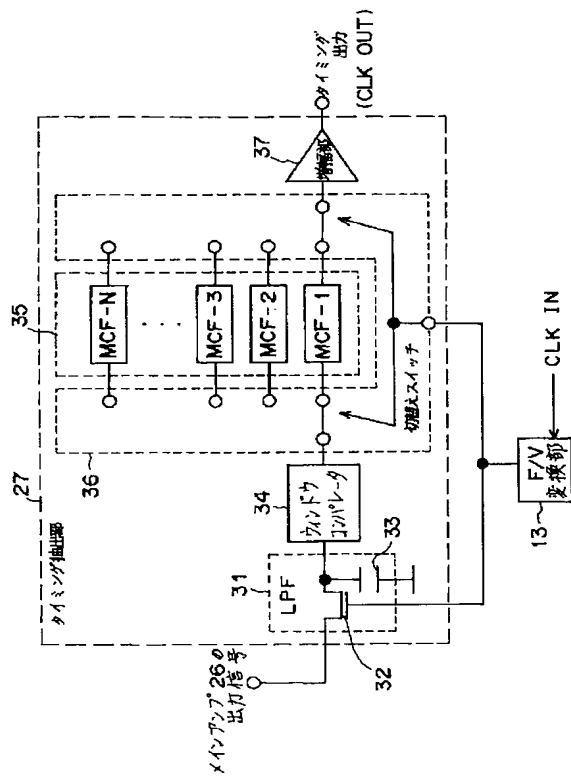
【図7】

識別再生部の構成例を示す図



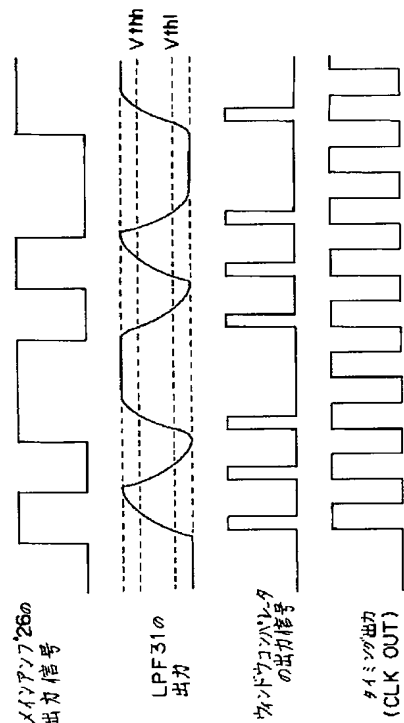
【図8】

タイミング抽出部のブロック図 (その1)

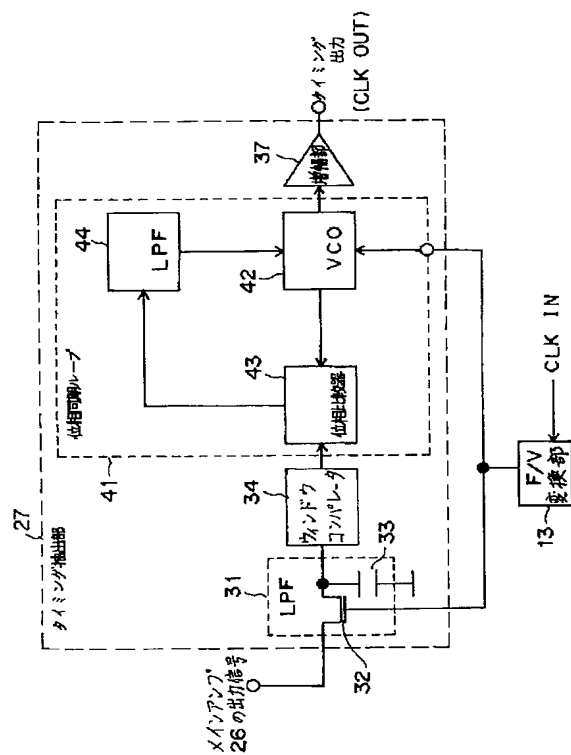


【図9】

タイミング抽出部の動作を説明するタイミングチャート



タイミング抽出部のブロック図(その2)



(51) Int. Cl. ⁶
H O 1 L 31/12

技術表示箇所